

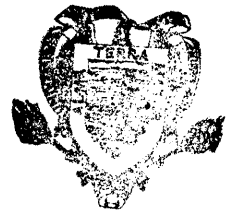
**IMPORTANCIA DE LA LONGEVIDAD DE LA SEMILLA
EN LA PRODUCCION DE HIBRIDOS DE MAIZ**

ENRIQUE MEDINA MARTINEZ

T E S I S

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN CIENCIAS
EN TECNOLOGIA DE SEMILLAS**

**Universidad Autónoma Agraria
"ANTONIO NARRO"**



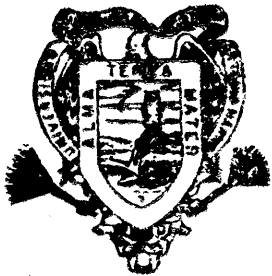
BIBLIOTECA

**Universidad Autónoma Agraria
Antonio Narro**

PROGRAMA DE GRADUADOS

Buenavista, Saltillo, Coah.

MARZO DE 1989



Tesis elaborada bajo la supervisión del comité particular
de asesoría y aprobada como requisito parcial, para optar
al grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS
EN TECNOLOGIA DE SEMILLAS

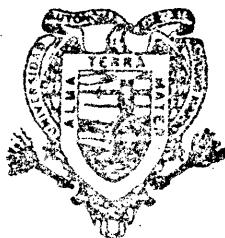
COMITE PARTICULAR

Asesor principal: *Leticia A. Bustamante G.*
M.S. Leticia A. Bustamante García

Asesor: *Rafael Jiménez Salazar*
M.S. Rafael Jiménez Salazar

Asesor: *S. Rdz. Herrera*
M.C. Sergio A. Rodríguez Herrera

Eleuterio López Pérez
Dr. Eleuterio López Pérez
Subdirector de Asuntos de Postgrado



BIBLIOTECA
EGIDIO G. REBONATO
BANCO DE TESIS
U.A.A.A.N.

A G R A D E C I M I E N T O S

Deseo expresar mi gratitud y reconocimiento a las Instituciones que hicieron posible la realización de mis estudios de Maestría.

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA "ANTONIO NARRO"
CONSEJO NACIONAL DE CIENCIA Y TECNOLOGIA
INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES
FORESTALES Y AGROPECUARIAS

DEDICATORIA

Con todo cariño a mi esposa y a mi hija:

ANTONIA DIAZ MORALES

INGRID MEDINA DIAZ

como una pequeña retribución a su infinita paciencia e inmensos sacrificios que hubieron de soportar para que pudiera alcanzar una meta -- más en mi ardua existencia.

INDICE DE CONTENIDO

	Página
INDICE DE CUADROS	iv
INDICE DE FIGURAS	v
1. INTRODUCCION	1
2. REVISION DE LITERATURA	3
-EFECTOS DEL AMBIENTE EN LA LONGEVIDAD DE LA SEMILLA.....	3
- ASPECTOS GENETICOS DE LA LONGEVIDAD DE LA SEMILLA.....	5
3. MATERIALES Y METODOS	8
- UBICACION DEL SITIO EXPERIMENTAL.....	8
- OBTENCION DEL MATERIAL EXPERIMENTAL....	8
- PREPARACION DEL MATERIAL EXPERIMENTAL..	9
- EVALUACION DE LA CAPACIDAD GERMINATIVA.	10
- ANALISIS ESTADISTICO DE LOS RESULTADOS.	11
4. RESULTADOS Y DISCUSION	14
5. CONCLUSIONES	37
6. RESUMEN	38
7. LITERATURA CITADA	39

INDICE DE CUADROS

Cuadro		Página
4.1	Resultados de germinación (%) de la semilla de 12 híbridos de maíz y sus progenitores, almacenada durante 40 días a 85% HR y $35 \pm 1^\circ\text{C}$	15
4.2	Resultados de germinación (Arco Seno) de la semilla de 12 híbridos de maíz y sus progenitores, almacenada durante 40 días a 85% HR y $35 \pm 1^\circ\text{C}$	16
4.3	Correlación en la germinación (Arco Seno) - de la semilla de 12 híbridos de maíz y sus progenitores en cero y 20 días de almacenamiento a 85% HR y $35 \pm 1^\circ\text{C}$	18
4.4	Análisis de varianza de la capacidad germinativa (Arco Seno) de la semilla de 12 híbridos de maíz y sus progenitores, almacenada durante 40 días a 85% HR y $35 \pm 1^\circ\text{C}$	19
4.5	Diferencias en la longevidad de la semilla de cuatro líneas endocriadas de maíz, almacenada durante 40 días a 85% HR y $35 \pm 1^\circ\text{C}$...	22
4.6	Diferencias en la longevidad de la semilla de híbridos directos y recíprocos de maíz, almacenada durante 40 días a 85% HR y $35 \pm 1^\circ\text{C}$	33
4.7	Efecto del orden de cruzamiento de las líneas progenitoras sobre la longevidad de la semilla de 12 híbridos de maíz, almacenada durante 40 días a 85% HR y $35 \pm 1^\circ\text{C}$	34

INDICE DE FIGURAS

Figura		Página
4.1	Comportamiento de la capacidad germinativa (%) de la semilla de las líneas de maíz -- AN-1, AN-2, 232M y 255M durante 40 días de almacenamiento a 85% HR y 35±1°C.....	21
4.2	Comportamiento de la capacidad germinativa (%) de la semilla de los híbridos AN-1 x AN-2, AN-2 x AN-1 y sus progenitores durante 40 días de almacenamiento a 85% HR y -- 35±1°C.....	25
4.3	Comportamiento de la capacidad germinativa (%) de la semilla de los híbridos AN-1 x 232M, 232M x AN-1 y sus progenitores durante 40 días de almacenamiento a 85% HR y -- 35±1°C.....	26
4.4	Comportamiento de la capacidad germinativa (%) de la semilla de los híbridos AN-2 x 232M, 232M x AN-2 y sus progenitores durante 40 días de almacenamiento a 85% HR y -- 35±1°C.....	27
4.5	Comportamiento de la capacidad germinativa (%) de la semilla de los híbridos AN-1 x 255M, 255M x AN-1 y sus progenitores durante 40 días de almacenamiento a 85% HR y -- 35±1°C.....	29
4.6	Comportamiento de la capacidad germinativa (%) de la semilla de los híbridos AN-2 x 255M, 255M x AN-2 y sus progenitores durante 40 días de almacenamiento a 85% HR y -- 35±1°C.....	30
4.7	Comportamiento de la capacidad germinativa (%) de la semilla de los híbridos 232M x 255M, 255M x 232M y sus progenitores durante 40 días de almacenamiento a 85% HR y -- 35±1°C.....	31

COMPENDIO

Importancia de la Longevidad de la Semilla en la Producción de Híbridos de Maíz.

POR

ENRIQUE MEDINA MARTINEZ

MAESTRIA

TECNOLOGIA DE SEMILLAS

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA "ANTONIO NARRO"
BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA. MARZO 1989.

M.S. Leticia A. Bustamante García -Asesor-

Palabras clave: efectos recíprocos, longevidad, semilla, maíz.

Se realizó un estudio para determinar diferencias genéticas en la longevidad de la semilla de líneas de maíz y su efecto en los híbridos directos y recíprocos.

La longevidad de la semilla de las líneas fue diferente y su longevidad larga o intermedia no siempre fue dominante en la longevidad de la semilla de los híbridos. Así mismo, la longevidad de la semilla de los progenitores femeninos no siempre fue dominante en la de los híbridos, los cuales muy pocas veces mostraron una longevidad mayor que la de sus dos progenitores. La longevidad de la semilla de los híbridos directos con respecto a sus recíprocos fue generalmente diferente, siendo atribuida a interacciones citoplásmico-nucleares entre sus líneas progenitoras.

1. INTRODUCCION

El mejoramiento genético en maíz ha sido enfocado principalmente a lograr incrementos sustanciales en rendimiento, debido a lo cual muchos híbridos han sido liberados sin conocer la longevidad intrínseca de sus progenitores y las diferencias de longevidad entre cruzamientos directos y recíprocos. Esta falta de información a menudo ha provocado problemas en la industria semillera cuando se requiere almacenar y conservar semilla por períodos de tiempo relativamente largos, generalmente cuando las condiciones ambientales no son del todo favorables.

Durante la fase de producción de la semilla híbrida, ésta generalmente es producida utilizando el orden de cruzamiento sugerido por el fitomejorador; sin embargo algunas veces se requiere invertir este orden, ya sea debido a problemas de disponibilidad de semilla, o bien para evitar problemas por características agronómicas indeseables en alguno de los progenitores.

Generalmente se ha observado que al invertir el orden de cruzamiento de las líneas parentales se afecta la capacidad de almacenamiento de la semilla híbrida, pudiendo perder su capacidad germinativa en un tiempo mayor, similar, o bien mucho menor con respecto a la semilla obtenida mediante el cruzamiento convencional.

Por lo anteriormente expuesto se ha considerado necesario generar información genético-estadística acerca de la longevidad de la semilla de líneas e híbridos de maíz que nos permita definir si esta característica puede ser utilizada como un criterio más en la elección de progenitores y sentido de los cruzamientos, en la producción de la semilla híbrida, y a la vez retroalimentar a los programas de mejoramiento para la obtención de híbridos con buena capacidad de almacenamiento.

A fin de satisfacer esta necesidad se planteó la presente investigación cuyos objetivos fueron los siguientes:

1. Determinar diferencias genéticas en la longevidad de la semilla de líneas endocriadas de maíz.
2. Determinar qué progenitor es el responsable de la longevidad de la semilla híbrida.
3. Determinar la existencia de efectos recíprocos en la longevidad de la semilla híbrida.

Para alcanzar estos objetivos se plantearon las siguientes hipótesis:

- a. La longevidad de la semilla de las líneas de maíz es diferente.
- b. Los progenitores femeninos determinan en mayor grado la longevidad de la semilla híbrida.
- c. El orden de cruzamiento de los progenitores afecta significativamente la longevidad de la semilla híbrida.

2. REVISION DE LITERATURA

Adecuando la terminología existente, en este estudio consideraremos el término longevidad como la habilidad que tienen las semillas de preservar su capacidad germinativa durante el almacenamiento. Existen algunas evidencias de que esta característica está controlada genéticamente y por ende se asume que es afectada por el medio ambiente. Por consiguiente, para poder almacenar y conservar adecuadamente la semilla es necesario conocer cómo y en qué grado es afectada por el ambiente, así como los mecanismos genéticos que la controlan.

Efectos del Ambiente sobre la Longevidad de la Semilla

La semilla alcanza su más alto poder de germinación al momento de la madurez fisiológica y a partir de este momento solamente le ocurren cambios degenerativos irreversibles, cuya magnitud dependerá del grado de desviación de las condiciones ambientales a que estén sujetas con respecto a las óptimas (Helmer et al., 1962).

Harrington (1972) corrobora lo anterior y estudiando más a fondo el proceso del deterioro concluye que, el "deterioro" de la semilla inicia incluso antes de la madurez fisiológica, argumentando que existen claras evidencias de que el ambiente que rodea a la semilla desde la fertilización hasta la madurez fisiológica influye grandemente en el vigor

que exhibirá la semilla en la madurez, así como en su habilidad para soportar condiciones adversas de almacenamiento.

Por parte Abdul-Baki y Anderson (1972) mencionan que una cosecha, secado y almacenamiento apropiados solamente -- ayudan a mantener la máxima calidad fisiológica de la semilla, alcanzada en la madurez fisiológica.

En base a lo anterior, consideran que la máxima calidad fisiológica que pueda presentar la semilla previo a la siembra, es la que se logra mediante la interacción entre su constitución genética y el ambiente bajo el cual es producida, cosechada, manejada y almacenada.

Una vez que la semilla es almacenada los principales factores que afectan la duración del período durante el cual la semilla puede retener su capacidad germinativa son la humedad relativa, a través de su influencia en el contenido de humedad de la semilla, y la temperatura ambiental (Haber, 1950 y Harrington, 1959).

Según Harrington (1959) el contenido de humedad de la semilla influye más que la temperatura ambiental en la velocidad de deterioro de la semilla. Respecto a la importancia de la temperatura, Agrawal et al. (1981) observaron que la capacidad germinativa de la semilla decrece al incrementarse la temperatura, siendo más marcados los decrementos cuando adicionalmente se tienen altas humedades relativas.

De esta manera, Harrington (1973) considera que el período de tiempo durante el cual la semilla retiene su capacidad germinativa puede variar desde menos de un día hasta -

algunos cientos de años, dependiendo de las condiciones que se le provean durante el almacenamiento. Al respecto Neal y Davis (1956) y Gill y Delouche (1973) encontraron que la capacidad germinativa de la semilla de maíz puede ser preservada por varios años cuando es almacenada en condiciones de baja humedad relativa y bajas temperaturas.

Aspectos Genéticos de la Longevidad de la Semilla

La longevidad de la semilla es una característica intrínseca de las especies (Harrington, 1972) clasificándose - como de longevidad corta y de longevidad larga. Dentro de - esta clasificación y de acuerdo con Haferkamp et al. (1953) el maíz es considerado como de longevidad larga.

La existencia de diferencias varietales en la longevidad de la semilla de maíz ha sido reconocida por Haferkamp et al. (1953). Corroborando lo anterior, Lindstrom (1942, 1943); Haber (1950); Chang (1970) y Moreno et al. (1978) reportan haber encontrado diferencias en la longevidad de la - semilla de híbridos de maíz y sus progenitores.

Tratando de conocer algunos aspectos genéticos de la longevidad de la semilla, Lindstrom (1942,1943) almacenó la semilla de cientos de líneas e híbridos de maíz. Después de 5 a 12 años de almacenamiento verificó su capacidad germinativa y los clasificó como de longevidad corta y de longevi--dad larga. Analizando estos resultados, observó que al cruzar líneas de longevidad larga con líneas de longevidad corta la semilla híbrida exhibía longevidad larga, mostrando -- frecuentemente diferencias significativas con respecto a la

longevidad de la semilla de sus cruzas recíprocas . De esta manera, concluye que la longevidad de la semilla de maíz es heredable, pero que el tipo de herencia que la controla no es simple.

En igual forma, Haber (1950) mientras trabajaba con cinco híbridos simples de maíz dulce y sus progenitores, encontró que en forma general, la semilla de los híbridos retuvo mejor su capacidad germinativa que la de sus progenitores al ser almacenada bajo las mismas condiciones ambientales.

Así mismo, observó que al cruzar dos líneas de longevidad -- corta y larga, la semilla híbrida exhibía la misma caracte--rística; sin embargo al cruzar una línea de longevidad larga con una línea de longevidad corta la semilla híbrida mostraba una longevidad similar a la de la línea de longevidad larga. De esta manera, concluye que la buena longevidad de la semilla de los progenitores femeninos es dominante en la longevidad de la semilla híbrida.

Resultados que refuerzan los anteriores fueron obtenidos por Chang (1970), quien almacenando la semilla de un híbrido de maíz y sus progenitores encontró que la semilla del híbrido mostró una longevidad mayor que la de su progenitor femenino, el cual poseía longevidad larga.

Por otra parte, Agrawal et al. (1981) almacenaron la semilla de dos híbridos de sorgo y sus progenitores en seis condiciones ambientales y encontraron que la semilla de uno de los híbridos retuvo su capacidad germinativa de manera similar a la de su progenitor femenino, el cual mostró buena - capacidad de almacenamiento. Sin embargo, el otro híbrido

retuvo su capacidad germinativa de manera más semejante a la de su progenitor masculino, el cual exhibía mala capacidad de almacenamiento.

Tratando de identificar el mecanismo genético que -- controla la longevidad de la semilla, Rao y Fleming (1978, 1979) mediante un programa de retrocruzamientos, incorporaron un genotipo nuclear de maíz en tres y cuatro citoplasmas, respectivamente y almacenaron la semilla durante dos años. Analizando los resultados obtenidos encontraron que existen -- ciertas combinaciones citoplásmico-nucleares que retienen mejor que otras su capacidad germinativa durante el almacenamiento. Así mismo, consideran que este fenómeno puede explicar diferencias de longevidad de la semilla híbrida.

Un trabajo que refuerza estos resultados es el realizado en sorgo por Selvaraj y Ramaswamy (1983) quienes sometiendo a envejecimiento acelerado la semilla de 16 híbridos, obtenidos a partir de los cruzamientos entre cuatro líneas androestériles y cuatro líneas restauradoras de la fertilidad, encontraron que la semilla de los híbridos que retuvieron mejor su capacidad germinativa fueron aquellos en los que la hembra fue la línea androestéril CK-60A.

3. MATERIALES Y METODOS

Ubicación del Sitio Experimental

La presente investigación se llevó a cabo en el Laboratorio de Semillas de la Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro" (UAAAN), ubicada en Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

Obtención del Material Experimental

El germoplasma básico para la realización de este estudio lo constituyeron líneas parentales de maíz AN-1, AN-2, 232M y 255M; las cuales se constituyen como los progenitores del híbrido doble AN-444 propiedad de la UAAAN.

En una estación experimental de la UAAAN, localizada en Tepalcingo, Morelos, la semilla de las líneas fue incrementada mediante cruza fraternales, produciéndose también la semilla de todos sus cruzamientos simples posible en forma directa y recíproca, dando un total de 16 genotipos.

La siembra para la obtención de la semilla fue realizada en la segunda quincena de Diciembre de 1988. Durante el ciclo vegetativo, a todos los genotipos se les dió el manejo agronómico sugerido por el personal de la estación experimental para los programas de mejoramiento genético de maíz en esa región.

La cosecha de las mazorcas se efectuó a finales de Mayo de 1988, cuando la semilla de la mayoría de los genotipos alcanzó un contenido de humedad cercano al 20 por ciento. Conservando su respectiva identificación e individualidad las mazorcas fueron expuestas al sol dentro de costales de ixtle, para reducirles el contenido de humedad y facilitar su desgrane, el cual fue realizado manualmente.

Preparación del Material Experimental

Dentro de cada genotipo la semilla fue uniformizada manualmente en base a tamaño y posteriormente el número de semillas a evaluar por genotipo se estandarizó en alrededor de 500, debido a la reducida cantidad de semilla obtenida en campo. Enseguida la semilla fue tratada químicamente con un fungicida para evitar el desarrollo y proliferación de hongos de almacén. Posteriormente, la semilla de cada genotipo fue envasada en sacos de tela de tul de 10 cm de ancho por 15 cm de largo.

Para lograr las condiciones ambientales bajo las cuales se requería almacenar la semilla se preparó una solución saturada de cloruro de potasio en agua destilada a una temperatura de $35 \pm 1^\circ\text{C}$, la cual produce una presión de vapor que equilibra con una humedad relativa del 85 por ciento (Hall, 1957).

Esta solución fue vertida dentro de dos cajas plásticas de 30 cm de largo, 20 cm de ancho y 10 cm de alto hasta alcanzar una altura de 2 cm, utilizándose para ello unos - - 1200 ml de solución saturada por cada caja. A 4 cm del espe

jo de la solución se colocó una malla de alambre galvanizado con perforaciones cuadradas de 4 mm de arista. Sobre la malla de cada caja se colocaron ocho costales de semilla tomados aleatoriamente e inmediatamente después las cajas fueron tapadas y selladas con cinta adhesiva, para posteriormente colocarlas dentro de una cámara ambiental a una temperatura de $35 \pm 1^\circ\text{C}$.

Previo al almacenamiento de la semilla se verificó que la temperatura dentro de las cajas, conteniendo la solución saturada fuera igual a la cámara ambiental. Por consiguiente y de acuerdo con Hall (1957) la semilla fue almacenada bajo condiciones ambientales de 85 por ciento de humedad relativa y $35 \pm 1^\circ\text{C}$ de temperatura. El contenido de humedad inicial de la semilla, estimado mediante un determinador de humedad portátil, fluctuando de 10.0 a 10.5 por ciento.

Evaluación de la Capacidad Germinativa

A los 0, 10, 20, 30 y 40 días de almacenamiento, la capacidad germinativa de la semilla fue evaluada mediante la prueba de germinación estándar, utilizando la metodología propuesta por la International Seed Testing Association (ISTA) (1985), empleándose en cada evaluación cuatro repeticiones de 20 semillas por genotipo.

Para tener una mayor confiabilidad estadística de los resultados de germinación, la reproducibilidad entre repeticiones se verificó mediante tablas de tolerancias a $p \leq 0.05$, según Miles (1963).

Análisis Estadístico de los Resultados

Con el fin de efectuar un análisis estadístico, la germinación porcentual fue transformada a unidades angulares mediante el Arco Seno $\sqrt{\frac{x + 1/2}{100}}$. La fracción $1/2$ fue incluida para evitar los ceros, ya que por no tener varianza afectarían la sensibilidad del análisis estadístico.

Los resultados transformados fueron analizados estadísticamente mediante la metodología propuesta por Martínez (1983) para el análisis estadístico de experimentos dialélicos tipo 1 de Griffing. Se utilizó un diseño experimental de bloques al azar, considerando como bloques a los períodos de almacenamiento. El modelo estadístico utilizado fue:

$$Y_{ijk} = \mu + \beta_k + \zeta_{ij} + \epsilon_{ijk}$$

donde:

Y_{ijk} = germinación de la semilla de la cruce entre la i -ésima y la j -ésima líneas parentales - en el k -ésimo período de almacenamiento.

μ = media general.

β_k = efecto del k -ésimo período de almacenamiento.

ζ_{ij} = efecto del cruzamiento entre la i -ésima y la j -ésima líneas parentales.

ϵ_{ijk} = efecto del error aleatorio.

$i, j = 1, 2, \dots, p$ (líneas parentales) $p = 5$

$k = 1, 2, \dots, t$ (períodos de almacenamiento)
 $t = 5$

$\epsilon_{ijk} \sim N(0, \sigma^2)$

El efecto de cruzamientos se desglosó en cuatro componentes: $\zeta_{ij} = g_i + g_j + S_{ij} + r_{ij}$, donde:

g_i = aptitud combinatoria general de la i -ésima línea.

g_j = aptitud combinatoria general de la j -ésima línea.

S_{ij} = aptitud combinatoria específica del cruzamiento entre la i -ésima y la j -ésima líneas, tal que $S_{ij} = S_{ji}$.

r_{ij} = efecto recíproco del cruzamiento entre la i -ésima y la j -ésima líneas, tal que $r_{ij} = -r_{ji}$.

De acuerdo con los objetivos del trabajo para el análisis estadístico de los resultados solamente se consideró el cuarto componente, el cual fue particionado de la siguiente manera:

$$r_{ij} = (m_i - m_j) + n_{ij}$$

donde:

$(m_i - m_j)$ = efecto recíproco del cruzamiento entre la i -ésima y la j -ésima líneas, atribuido a efectos maternos.

n_{ij} = efecto recíproco del cruzamiento entre la i -ésima y la j -ésima líneas, atribuido a efectos no maternos.

Para asegurar la validez de las conclusiones derivadas del análisis estadístico de los resultados se verificó y corroboró la no violación de los supuestos del análisis de varianza, siendo éstos:

1. Los términos del error están aleatoria, independiente y normalmente distribuidos.
2. Las varianzas de los genotipos son homogéneas.
3. Las medias y las varianzas de los distintos genotipos no están correlacionadas.
4. Los efectos principales del modelo estadístico son aditivos.

A fin de confirmar las conclusiones del análisis de varianza mediante la prueba de Duncan, se efectuaron comparaciones de medias dentro de líneas y entre cruzamientos di

rectos y recíprocos. Así mismo se practicaron análisis de regresión para definir qué progenitor determina en mayor grado la longevidad de la semilla de los híbridos. Estos análisis estadísticos soportan el comportamiento gráfico de la longevidad de la semilla de los distintos genotipos, efectuado en base a sus resultados porcentuales de germinación, la cual se determinó en base a las plántulas normales obtenidas en la prueba estándar.

4. RESULTADOS Y DISCUSION

La capacidad germinativa de la semilla de los 12 híbridos de maíz y sus progenitores durante 40 días de almacenamiento a 85 por ciento de humedad relativa y $35 \pm 1^\circ\text{C}$ de temperatura se presentan en el Cuadro 4.1 en unidades porcentuales, correspondientes a la cantidad de plántulas normales obtenida en la prueba de germinación estándar y en el Cuadro 4.2 en unidades angulares, obtenidas mediante la transformación Arco Seno. Analizando estos resultados podemos apreciar que la capacidad germinativa de la semilla se redujo fuertemente al incrementarse el tiempo de almacenamiento, existiendo diferencias entre genotipos en la velocidad de deterioro de su semilla.

Estos resultados confirman que el deterioro de la semilla se caracteriza por ser inexorable, irreversible y variable entre poblaciones, lo cual ha sido reconocido por Delouche (1968). Así mismo, y de acuerdo con Moreno et al. (1978) estas diferencias de longevidad se consideran intrínsecas a su constitución genética, puesto que la semilla de los 16 genotipos fue producida y manejada bajo las mismas condiciones ecológicas.

La capacidad germinativa inicial de la semilla fue algo variable entre genotipos. Puesto que Delouche (1968) considera que la calidad inicial de la semilla afecta su ve-

Cuadro 4.1 Resultados de germinación (%) de la semilla de 12 híbridos de maíz y sus progenitores, almacenada durante 40 días a 85% HR y 35±1°C.

Genotipos	Días de Almacenamiento				
	0	10	20	30	40
AN-1	91.25	80.00	48.33	0.00	0.00
AN-1 x AN-2	97.50	88.67	76.25	36.67	0.00
AN-1 x 232M	96.25	91.25	77.50	18.75	0.00
AN-1 x 255M	82.50	75.00	55.00	0.00	0.00
AN-2	78.75	72.50	48.75	5.00	0.00
AN-2 x AN-1	98.33	77.50	0.00	0.00	0.00
AN-2 x 232M	78.75	68.75	23.75	0.00	0.00
AN-2 x 255M	80.00	72.50	55.00	0.00	0.00
232M	87.50	47.50	0.00	0.00	0.00
232M x AN-1	78.75	52.50	28.75	0.00	0.00
232M x AN-2	91.67	90.00	78.33	16.25	0.00
232M x 255M	93.75	68.75	45.00	5.00	0.00
255M	97.50	88.75	80.00	36.25	2.50
255M x AN-1	92.50	80.00	40.00	5.00	0.00
255M x AN-2	95.00	85.00	15.00	0.00	0.00
255M x 232M	93.33	92.50	52.50	5.00	0.00

Cuadro 4.2 Resultados de germinación (Arco Seno) de la semilla de 12 híbridos de maíz y sus progenitores, almacenada durante 40 días a 85% HR y 35±1°C.

Genotipos	Días de Almacenamiento					Total
	0	10	20	30	40	
AN-1	73.308	63.795	44.341	4.055	4.055	139.554
AN-1 x AN-2	81.870	70.787	61.172	37.566	4.055	255.450
AN-1 x 232M	79.614	73.308	62.028	26.024	4.055	245.029
AN-1 x 255M	65.650	60.332	48.158	4.055	4.055	182.250
AN-2	62.901	58.694	44.570	13.563	4.055	183.783
AN-2 x AN-1	83.790	62.028	4.055	4.055	4.055	157.983
AN-2 x 232M	62.901	56.322	29.501	4.055	4.055	156.834
AN-2 x 255M	63.795	58.694	48.158	4.055	4.055	178.757
232M	69.732	43.854	4.055	4.055	4.055	125.751
232M x AN-1	62.901	46.720	32.740	4.055	4.055	150.471
232M x AN-2	73.750	72.048	62.606	24.159	4.055	236.618
232M x 255M	76.126	56.322	42.418	13.563	4.055	192.484
255M	81.870	70.860	63.795	37.137	9.974	263.816
244M x AN-1	74.658	63.795	39.524	13.563	4.055	195.595
255M x AN-2	77.753	67.617	23.185	4.055	4.055	176.665
255M x 232M	75.617	74.658	46.720	13.563	4.055	214.613
Total	1166.236	999.834	657.026	211.758	70.799	3105.653

locidad de deterioro durante el almacenamiento, se efectuó una correlación entre la germinación de la semilla a los 0 y 20 días de almacenamiento, encontrándose una correlación no significativa, como puede apreciarse en el Cuadro 4.3

Estos resultados nos hacen pensar que este precepto es aplicable básicamente a lotes de semilla de un mismo geno tipo, así mismo nos permiten confirmar de acuerdo con Haferkamp et al. (1953) y Harrington (1972) que existe variabilidad en la longevidad de la semilla aún dentro de una misma especie.

Las diferencias en germinación inicial de la semilla se atribuye a que ésta fue determinada previo a su uniformización por tamaño. Este razonamiento se basa en que las semillas más pequeñas se producen en la parte apical de la mazorca y cuando ésta no tiene buena cobertura están más propensas al deterioro, provocado por la exposición al medio ambiente.

El análisis estadístico de los resultados de germinación en unidades angulares (Cuadro 4.4) detectó diferencias altamente significativas para los períodos de almacenamiento, lo cual nos indica que la capacidad germinativa de la semilla se redujo significativamente al incrementarse el período de almacenamiento. Según Harrington (1973) esta respuesta es atribuida a la severidad de las condiciones ambientales de almacenamiento. El almacenamiento de la semilla bajo estas condiciones ayudó a detectar diferencias en la longevidad de la semilla de los híbridos y sus progenitores. Adicionalmente, los resultados de este análisis indican la existencia de efec

Cuadro 4.3 Correlación en la germinación (Arco Seno) de la semilla de 12 híbridos de maíz y sus progenitores en cero y 20 días de almacenamiento a 85% HR y $35\pm 1^{\circ}\text{C}$.

Genotipos	Días de Almacenamiento	
	0	20
AN-1	73.308	44.341
AN-1 x AN-2	81.870	61.172
AN-1 x 232M	79.614	62.028
AN-1 x 255M	65.650	48.158
AN-2	62.901	44.570
AN-2 x AN-1	83.790	4.055
AN-2 x 232M	62.901	29.501
AN-2 x 255M	63.795	48.158
232M	69.732	4.055
232M x AN-1	62.901	32.740
232M x AN-2	73.750	62.606
232M x 255M	76.126	42.418
255M	81.870	63.795
255M x AN-1	74.658	39.524
255M x AN-2	77.753	23.185
255M x 232M	75.617	46.720

$$r = 0.115 \quad r_c = 0.43 \quad T_{0.05/2, (16-2)g1} = 2.14$$

Conclusión: como $r_c < T_{0.05/2}$ la correlación no es significativa.

Cuadro 4.4 Análisis de varianza de la capacidad germinativa (Arco Seno) de la semilla de 12 - híbridos de maíz y sus progenitores, almacenada durante 40 días a 85% HR y 35±1°C.

Fuentes de variación.	g.l.	S.C.	C.M.	Fc	F α	
					0.05	0.01
Períodos de almacenamiento	4	57018.465	14254.616	180.07**	2.53	3.65
Genotipos	15	4705.300	313.687	3.96**	1.84	2.35
Efectos recíprocos	6	2547.868	424.645	5.36**	2.25	3.12
E. Maternales	3	1627.085	542.362	6.85**	2.76	4.13
E. No maternales	3	920.783	306.927	3.88*	2.76	4.13
Error Experimental	60	4749.578	79.160			
Total	79	66473.343				

$$C.V. = \frac{\sqrt{CMEE}}{\bar{X}} \times 100 = 22.92\%$$

tos recíprocos en la longevidad de la semilla híbrida, atribuyéndolos principalmente a efectos maternos y en menor grado a efectos no maternos.

El coeficiente de variación del experimento fue de 22.92 por ciento, el cual de primera impresión puede parecer alto para una investigación de laboratorio, donde todas las condiciones son controladas. Sin embargo, no hay que olvidar que un coeficiente de variación relativamente alto no siempre indica que el experimento haya sido mal conducido, ya que esta expresión matemática no es más que una proporción porcentual de la media general con respecto a su desviación estándar, cuya magnitud numérica esta en función del número de observaciones y del rango en que fluctúan.

Debido a la naturaleza y objetivos del trabajo fue necesario utilizar condiciones de almacenamiento en las que la capacidad germinativa inicial de la semilla de los distintos genotipos se redujo a una velocidad variable. Tomando en cuenta el amplio rango en que fluctúan las observaciones, así como la no violación de los supuestos del análisis de varianza, podemos considerar que este coeficiente de variación es aceptable.

Analizando la Figura 4.1 y relacionándola con el Cuadro 4.5 podemos apreciar que existen diferencias altamente significativas en la longevidad de la semilla de las líneas parentales de maíz, lo cual es congruente con lo encontrado por Lindstrom (1942, 1943); Haber (1950); Neal y Davis (1956); Chang (1970) y Moreno et al. (1978). Aunque la prueba de Duncan no detectó diferencias estadísticas en la longe

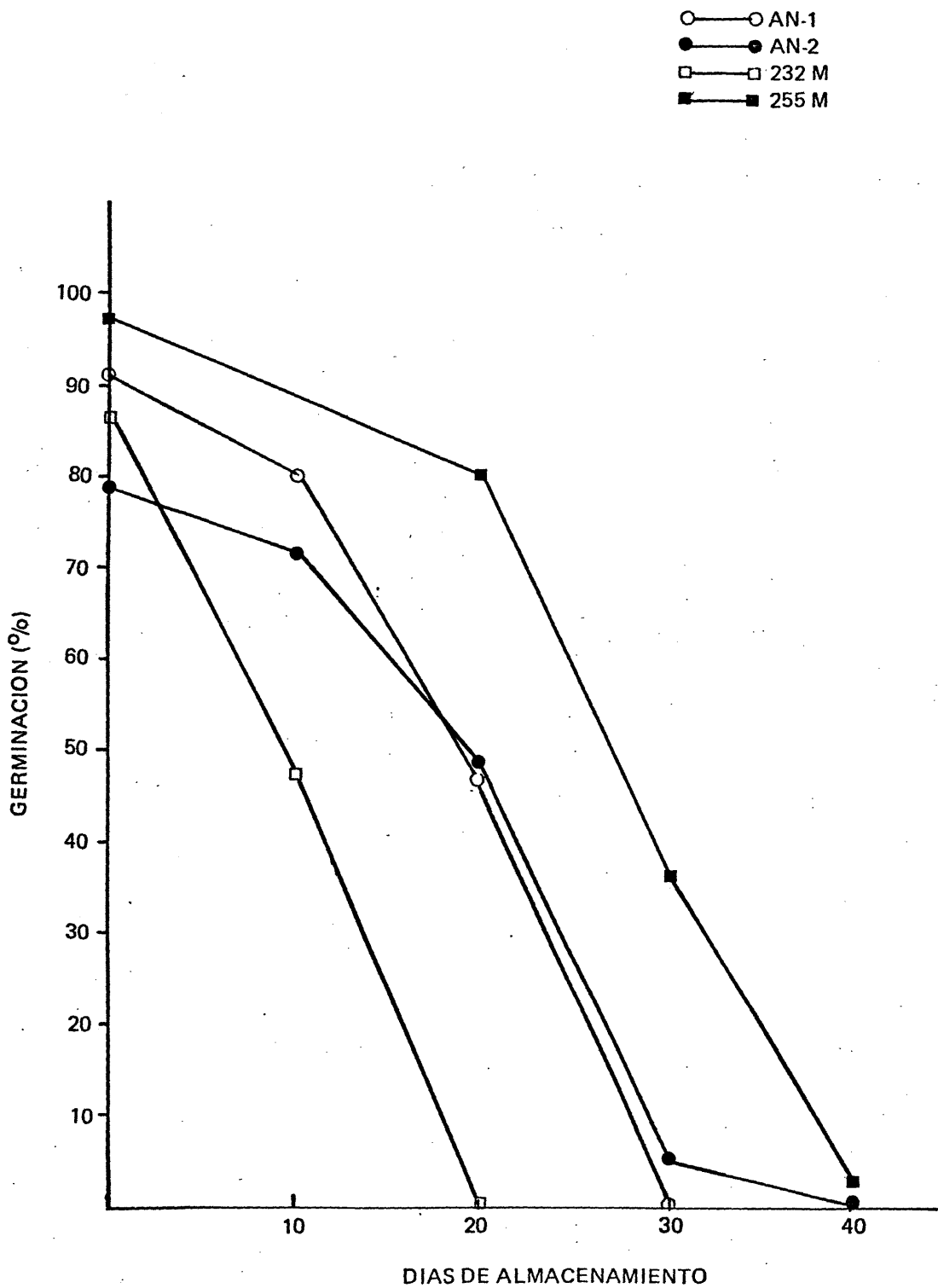


Figura 4.1 Comportamiento de la capacidad germinativa (%) de la semilla de las líneas endocriadas de maíz AN-1, AN-2, 232 M y 255 M durante 40 días de almacenamiento a 85 % HR y 35 ± 1 °C.

Cuadro 4.5 Diferencias en la longevidad de la semilla de -
cuatro líneas endocriadas de maíz, almacenada
durante 40 días a 85% HR y 35±1°C.

Líneas	Media	Diferencia	Duncan	
			0.05	0.01
AN-1	37.9108	1.1542	11.256	14.969
AN-2	36.7566			
AN-1	37.9108	12.7606	13.158	17.137
232M	25.1502			
AN-1	37.9108	14.8524*	13.039	16.990
255M	52.7632			
AN-2	36.7566	11.6064	13.039	16.990
232M	25.1502			
AN-2	36.7566	16.0066*	13.158	17.137
255M	52.7632			
232M	25.1502	27.6130**	13.652	17.802
255M	56.7632			

vidad de la semilla de AN-1 y AN-2 con respecto a 232M, si existen marcadas diferencias numéricas para considerarlas diferentes. La no diferencia estadística de estas medias mediante la prueba de Duncan, fue debido a lo elevado de las varianzas individuales de los 16 genotipos, la cual se reflejó en el cuadrado medio del error, repercutiendo directamente en la sensibilidad de la prueba para detectar diferencias entre medias.

De acuerdo al período de almacenamiento durante el cual la semilla puede retener su capacidad germinativa, Harrington (1972) considera que las especies y las variedades se clasifican como de longevidad corta y de longevidad larga; sin embargo no considera la categoría de longevidad intermedia, la cual según el autor sería deseable incluir.

En base a los resultados obtenidos en este trabajo y de acuerdo con la clasificación sugerida, la línea 232M es de longevidad corta, la línea 255M es de longevidad larga y las líneas AN-1 y AN-2 de longevidad intermedia.

Según Weiss y Wentz (1936) estas diferencias de longevidad pueden ser atribuidas al efecto de genes del tipo luteus. Estos investigadores probaron el efecto de ocho genes del tipo luteus sobre el control de la longevidad de la semilla de maíz y encontraron que ésta perdía su capacidad germinativa más rápidamente cuando presentaba en condición homocigótica recesiva los genes luteus-2 o luteus-4, los cuales se localizan en el cromosoma 10.

Esta explicación podría ser válida para la longevidad de la semilla de las líneas 232M y 255M, más no así para

las líneas AN-1 y AN-2. El comportamiento de la longevidad de la semilla de estas dos últimas líneas podría explicarse más adecuadamente en función de una interacción citoplásmico-nuclear, tomando en cuenta los resultados encontrados -- por Rao y Fleming (1978, 1979) y Selvaraj y Ramaswamy (1983).

El comportamiento de la longevidad de la semilla de los híbridos con respecto a la de sus progenitores fue graficado en unidades porcentuales y mediante una regresión lineal simple de los resultados de germinación en unidades angulares se estableció la significancia estadística de la relación híbrido-progenitor.

Al cruzar dos líneas de longevidad intermedia AN-1 y AN-2 el híbrido directo AN-1 x AN-2 exhibe una longevidad mucho mayor que la de sus dos líneas progenitoras, mientras que su recíproco AN-2 x AN-1 presenta una longevidad mucho menor que la de sus dos líneas progenitoras. De acuerdo a la ~~Figura~~ 4.2 y a los análisis de regresión correspondientes la longevidad de la semilla de estos híbridos está determinada en mayor grado por los progenitores masculinos.

Por otra parte, al combinar líneas de longevidad intermedia AN-1 y AN-2 con una línea de longevidad corta 232M el híbrido directo AN-1 x 232M y el híbrido recíproco 232M x AN-2 exhiben una longevidad mucho mayor que la de sus dos -- progenitores, mientras que el híbrido directo AN-2 x 232M y el híbrido recíproco 232M x AN-1 presentan una longevidad intermedia con respecto a la de sus dos progenitores. Observando los comportamientos gráficos de las Figuras 4.3 y 4.4

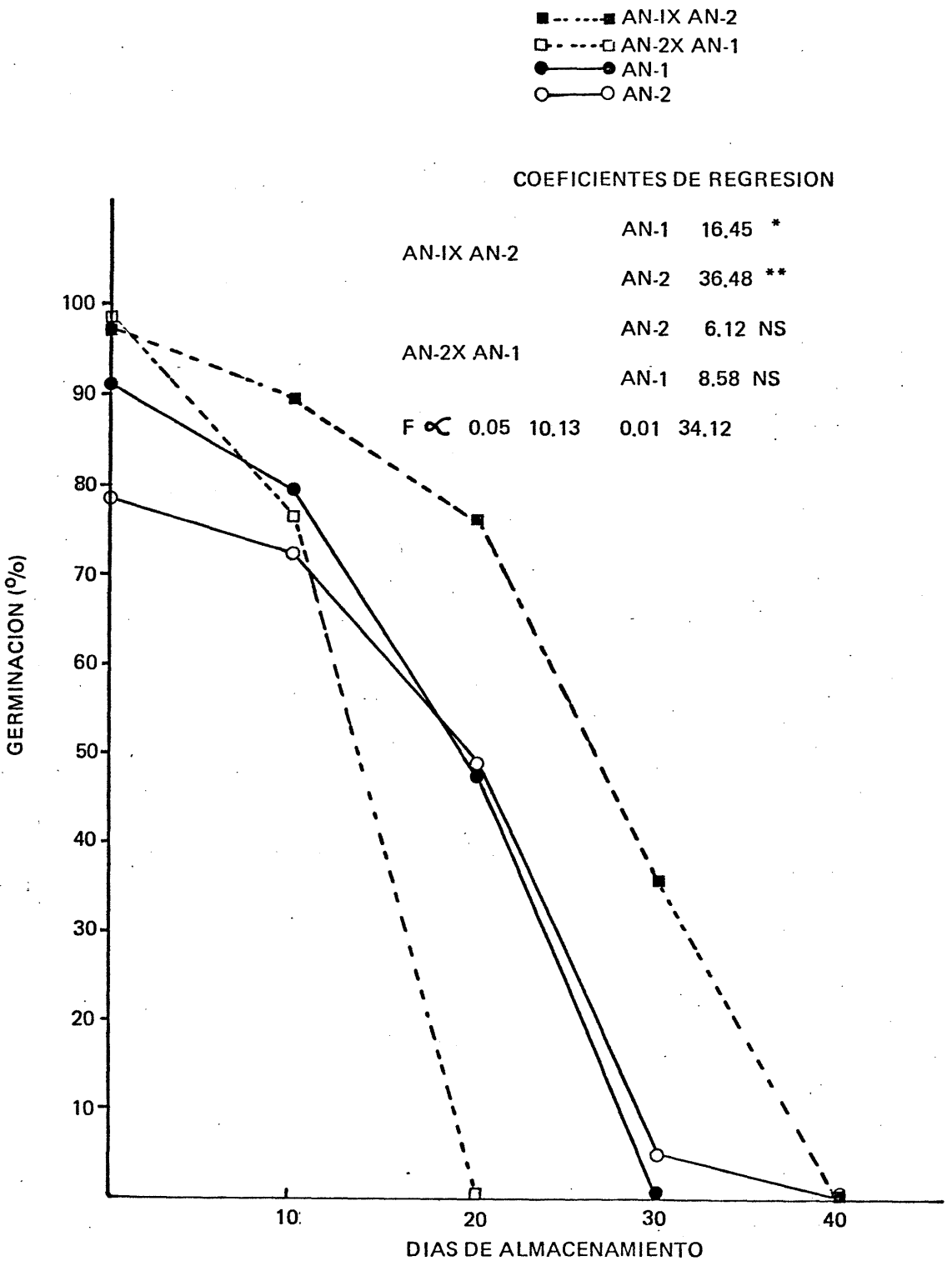


Figura 4.2 Comportamiento de la capacidad germinativa (%) de la semilla de maíz de los híbridos AN-IX AN-2, AN-2X AN-1 y sus progenitores durante 40 días de almacenamiento a 85 % HR y 35 ± 1 °C.

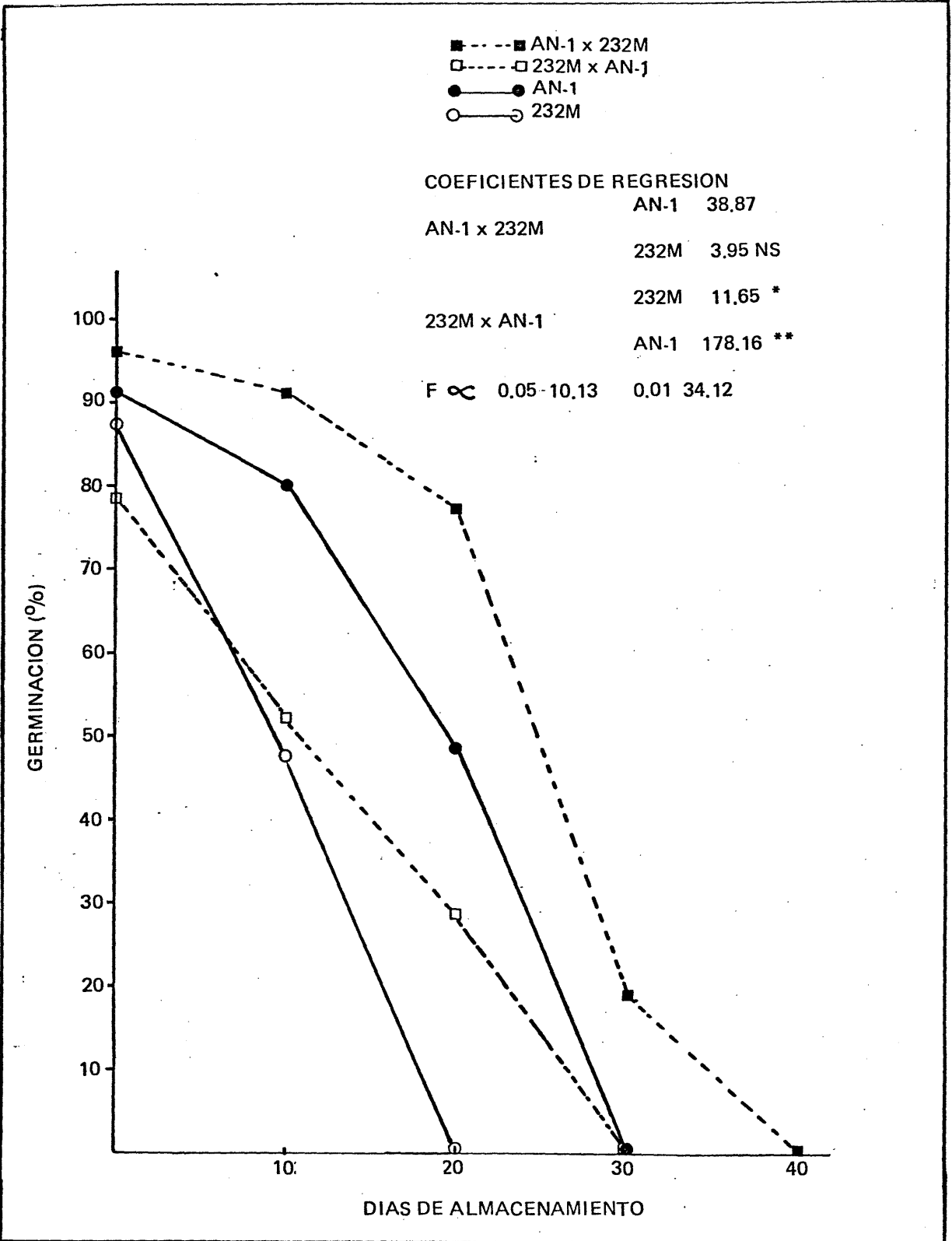


Figura 4.3 Comportamiento de la capacidad germinativa (%) de la semilla de maíz de los híbridos AN-1 x 232M, 232M x AN-1 y sus progenitores durante 40 días de almacenamiento a 85% HR y 35 ± 1 °C.

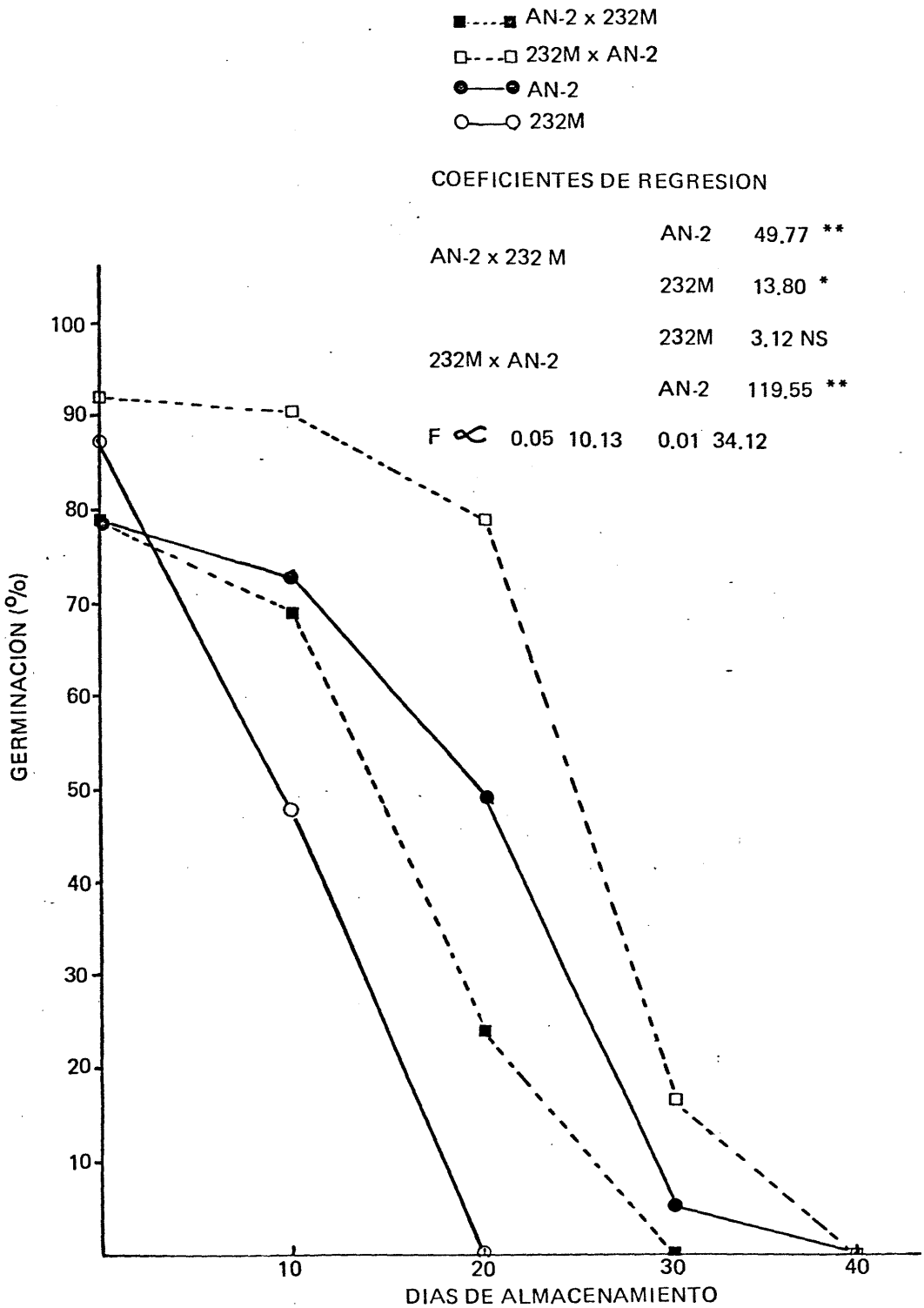


Figura 4.4 Comportamiento de la capacidad germinativa (%) de la semilla de maíz de los híbridos AN-2 x 232M, 232M x AN-2 y sus progenitores durante 40 días de almacenamiento a 85% HR y 35 ± 1 °C.

y relacionándolos con los resultados de sus análisis de regresión correspondientes, podemos afirmar que la longevidad intermedia de las líneas AN-1 x AN-2 es dominante sobre la longevidad corta de la línea 232M.

De manera similar al combinar líneas de longevidad intermedia AN-1 y AN-2 con una línea de longevidad larga -- 255M, tanto los híbridos directos AN-1 x 255M y AN-2 x 255M como sus recíprocos 255M x AN-1 y 255M x AN-2 exhiben una longevidad muy similar a la de las líneas AN-1 y AN-2. Relacionando los resultados de sus análisis de regresión con los comportamientos gráficos de las Figuras 4.5 y 4.6 podemos afirmar que la longevidad intermedia de las líneas AN-1 y AN-2 es dominante sobre la longevidad larga de la línea - 255M.

Sin embargo, al cruzar una línea de longevidad corta 232M con una línea de longevidad larga 255M, tanto el híbrido directo 232M x 255M como su recíproco 255M x 232M exhiben una longevidad intermedia con respecto a la de sus dos progenitores. De acuerdo al comportamiento gráfico observado en la Figura 4.7 y a sus respectivos análisis de regresión, se encontró que la longevidad larga de la línea 255M es dominante sobre la longevidad corta de la línea 232M.

Analizando estos resultados en forma conjunta se puede concluir que la longevidad de la semilla de los híbridos de maíz muy pocas veces fue mayor que la de sus dos progenitores, la cual no concuerda con lo encontrado por Haber - - (1950) y Chang (1970). Así mismo, se puede apreciar que la

■-----■ AN-1 x 255M
 □-----□ 255M x AN-1
 ●-----● AN-1
 ○-----○ 255M

COEFICIENTES DE REGRESION

	AN-1	255.73 **
AN-1 x 255M	255M	22.65 *
	255M	28.34 *
255M x AN-1	AN-1	127.58 **
F ∞ 0.05	10.13	0.01 34.12

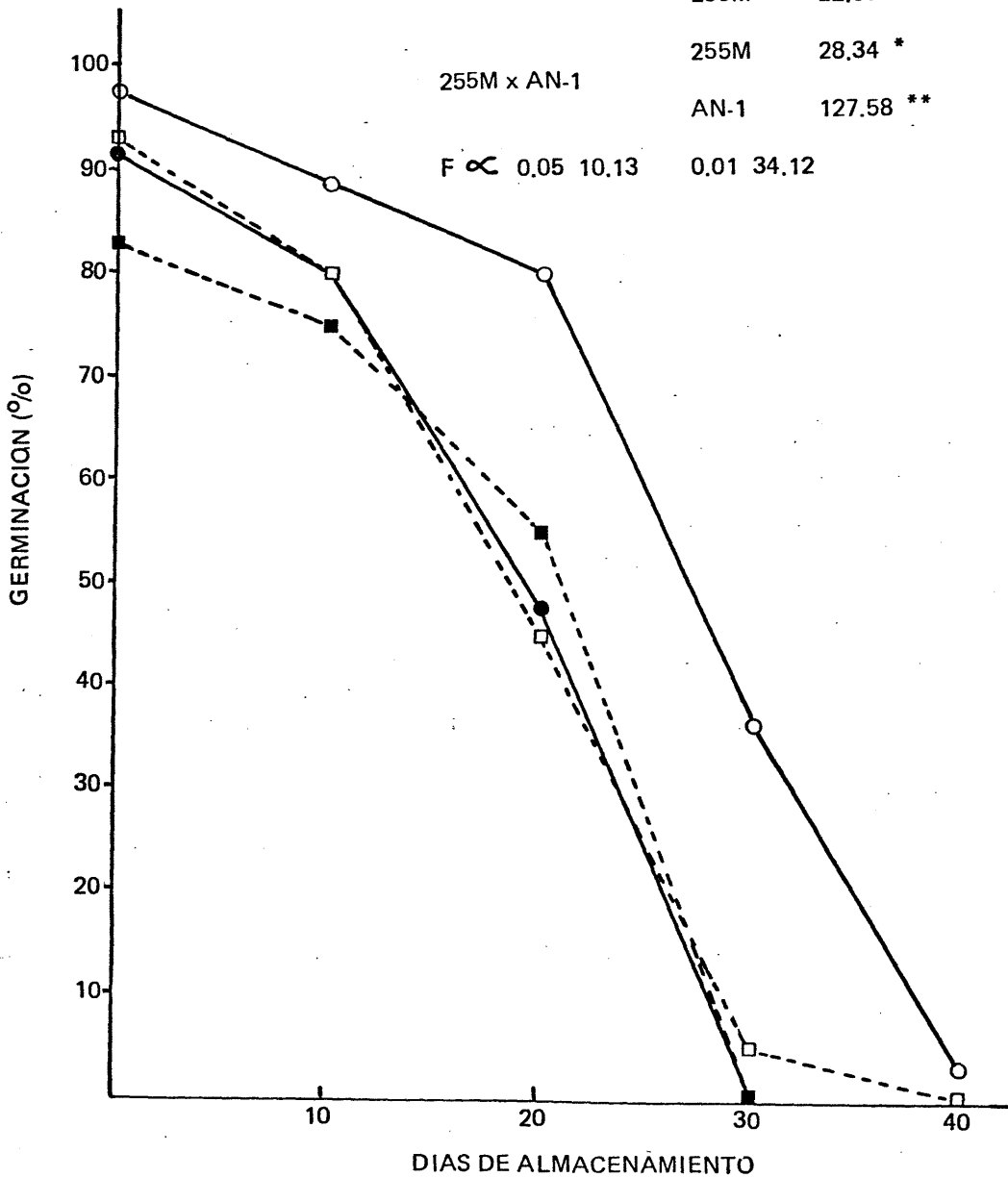


Figura 4.5 Comportamiento de la capacidad germinativa (%) de la semilla de maíz de los híbridos AN-1 x 255M, 255M x AN-1 y sus progenitores durante 40 días de almacenamiento a 85 % HR y 35 ± 1 °C.

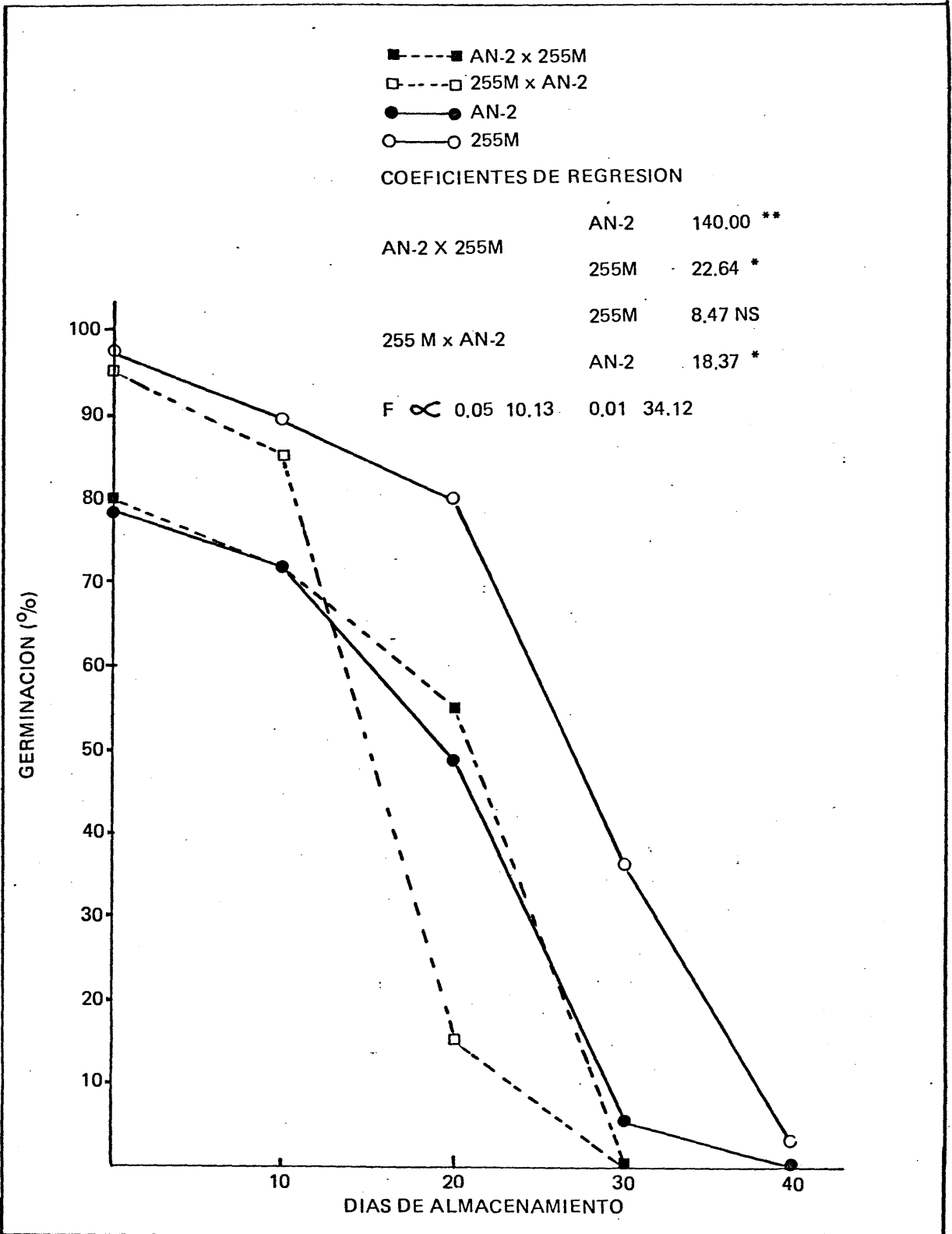


Figura 4.6 Comportamiento de la capacidad germinativa (%) de la semilla de maíz de los híbridos AN-2 x 255M, 255M x AN-2 y sus progenitores durante 40 días de almacenamiento a 85 % HR y 35 ± 1 °C.

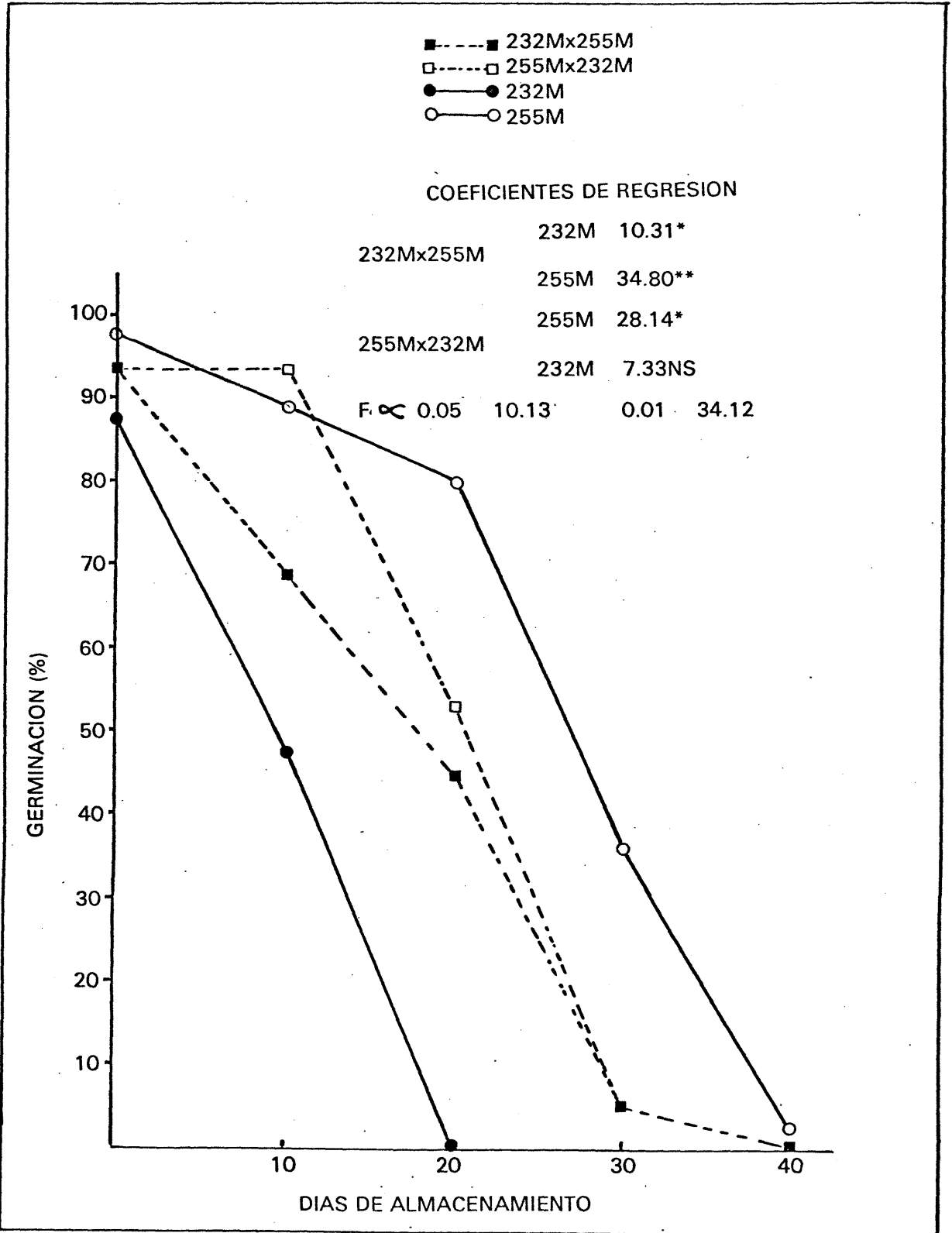


Figura 4.7 Comportamiento de la capacidad germinativa (%) de la semilla de maíz de los híbridos 232M x 255M, 255M x 232 y sus progenitores durante 40 días de almacenamiento a 85% HR y 35 ± 1 °C.

longevidad larga o intermedia de los progenitores no siempre fue dominante en la longevidad de la semilla de los híbridos y que la longevidad de la semilla de los progenitores femeninos no siempre fue dominante en la longevidad de la semilla de los híbridos, lo cual concuerda con lo encontrado en sorgo por Agrawal et al. (1981), pero discrepa con lo encontrado en maíz por Lindstrom (1942,1943); Haber (1950) y Chang (1970).

La existencia de efectos recíprocos en la longevidad de la semilla híbrida fue detectada por el análisis de varianza y es confirmada en el Cuadro 4.6, en el cual se puede apreciar que el diferencial de longevidad entre un híbrido directo y su recíproco es variable según el par de progenitores en cuestión. Se observó que este diferencial es mayor al cruzar dos líneas de longevidad intermedia, así como al cruzar líneas de longevidad intermedia con una línea de longevidad corta.

El análisis de varianza también indica que los efectos recíprocos se deben principalmente a efectos maternos y en menor grado a efectos no maternos, lo cual es corroborado en el Cuadro 4.7. El diferencial de longevidad entre el híbrido directo AN-1 x AN-2 y su recíproco AN-2 x AN-1 fue debido a ambos progenitores, mientras que en los híbridos directos AN-1 x 232M y AN-2 x 232M y sus recíprocos 232M x AN-1 y 232M x AN-2 estas diferencias fueron determinadas por las líneas AN-1 y AN-2.

Cuadro 4.6 Diferencias en la longevidad de la semilla de híbridos directos y recíprocos de maíz, almacenada durante 40 días a 85% HR y 35±1°C.

Híbridos	Media	Diferencia	Duncan	
			0.05	0.01
AN-1 x AN-2	51.0900	19.4934**	13.425	17.483
AN-2 x AN-1	31.5966			
AN-1 x 232M	49.0058	18.9116**	13.493	17.575
232M x AN-1	30.0942			
AN-1 x 255M	36.4500	2.6690	12.506	16.357
255M x AN-1	39.1190			
AN-2 x 232M	31.3668	15.9568*	13.349	17.380
232M x AN-2	47.3236			
AN-2 x 255M	35.7514	0.4184	11.256	14.969
255M x AN-2	35.3330			
232M x 255M	38.4968	4.4258	11.841	15.605
255M x 232M	42.9226			

Cuadro 4.7 Efecto del orden de cruzamiento de las líneas progenitoras sobre la longevidad de la semilla de 12 híbridos de maíz, almacenada durante 40 días a 85% HR y $35 \pm 1^\circ\text{C}$.

H í b r i d o			P r o g e n i t o r e s	
♀	x	♂	♀	♂
AN-1	x	AN-2	16.45*	36.48*
AN-2	x	AN-1	6.12	8.58
AN-1	x	232M	38.87**	3.95
232M	x	AN-1	11.65*	178.16**
AN-1	x	255M	255.73**	22.65*
255M	x	AN-1	28.34*	127.58**
AN-2	x	232M	49.77**	13.80*
232M	x	AN-2	3.12	119.55**
AN-2	x	255M	140.00**	22.64*
255M	x	AN-2	8.47	18.37*
232M	x	255M	10.31*	34.80**
255M	x	232M	28.14*	7.33

F α (1,3)g1: 0.05 = 10.13

0.01 = 34.12

El hecho de que no siempre existan diferencias significativas en la longevidad de la semilla de un cruzamiento directo con respecto a su recíproco que la longevidad de la semilla de los progenitores femeninos no siempre sea dominante en la de los híbridos y que la longevidad larga o intermedia de la semilla de las líneas progenitoras no siempre sea dominante en la semilla del híbrido resultante y que la longevidad de la semilla de los híbridos muy pocas veces sea mayor que la de sus líneas progenitoras, nos hace pensar que la existencia de efectos recíprocos en la longevidad de la semilla de los híbridos de maíz está determinada tanto por efectos maternos como por efectos no maternos. Estos resultados discrepan con Lindstrom (1942,1943) quien reporta que las diferencias de longevidad en la semilla de los híbridos directos con respecto a sus recíprocos se deben principalmente a efectos maternos.

Rao y Fleming (1978,1979) y Selvaraj y Ramaswamy - (1983) concluyen que la longevidad de la semilla esta controlada genéticamente por interacciones citoplásmico-nucleares. En este trabajo la existencia de efectos recíprocos fue determinada tanto por efectos maternos como por efectos no maternos. Analizando estos resultados y relacionándolos con lo reportado por estos investigadores nos atrevemos a decir que las diferencias de longevidad en la semilla de los híbridos directos con respecto a sus recíprocos son atribuibles a interacciones citoplásmico-nucleares entre sus líneas progenitoras.

La necesidad de lograr una buena interacción citoplásmico-nuclear es evidente, si tomamos en cuenta que el núcleo es el encargado de enviar la señal a los ribosomas para la síntesis de las proteínas y que para esta importante función se requiere de energía, la cual es proporcionada por -- las mitocondrias. La resistencia de las mitocondrias al deterioro esta controlada genéticamente, por lo cual es variable entre genotipos (Mc Daniel, 1973).

Sería deseable que los fitomejoradores presten mayor atención a la longevidad de la semilla de genotipos superiores de maíz, que formen pools citoplásmicos y nucleares con buena longevidad de semilla, que efectuen únicamente los cruzamientos en los que las interacciones citoplásmico-nucleares entre sus líneas progenitoras, maximicen la longevidad de la semilla híbrida resultante y que definan si es o no recomendable invertir el orden de cruzamiento de sus líneas progenitoras.

Finalmente, para tratar de evitar problemas a las empresas semilleras por rápidas pérdidas de la capacidad germinativa de la semilla durante el almacenamiento, se sugiere que la longevidad de la semilla híbrida resultante sea considerada como uno de los criterios más importantes para definir el orden de cruzamiento de sus líneas progenitoras.

5. CONCLUSIONES

Después de haber analizado y discutido los resultados obtenidos se derivaron las siguientes conclusiones:

1. Existieron diferencias genéticas en la longevidad de la semilla de las líneas de maíz.
2. La longevidad larga o intermedia de la semilla de las líneas progenitoras no siempre fue dominante en la de los híbridos.
3. La longevidad de la semilla de los progenitores femeninos no siempre fue dominante en la de los híbridos.
4. La longevidad de la semilla de los híbridos muy pocas veces fue mayor que la de sus dos progenitores.
5. La longevidad de la semilla de los híbridos directos fue generalmente diferente a la de sus recíprocos.
6. Las diferencias en la longevidad de la semilla de los híbridos directos con respecto a sus recíprocos fueron atribuidos a interacciones citoplásmico-nucleares entre sus líneas progenitoras.

6. RESUMEN

Con el propósito de determinar diferencias genéticas en la longevidad de las líneas de maíz y su efecto en los híbridos directos y recíprocos, la semilla de cuatro líneas y 12 híbridos fue almacenada durante 40 días a 85 por ciento de humedad relativa y $35 \pm 1^\circ\text{C}$.

La longevidad de la semilla fue estimada a partir -- del comportamiento de su capacidad germinativa durante el almacenamiento, la cual fue muy variable entre genotipos. Estas diferencias de longevidad se consideran intrínsecas, -- puesto que la semilla de todos los genotipos fue producida, cosechada y manejada bajo las mismas condiciones ecológicas.

La longevidad de la semilla de las líneas fue dife--rente y su longevidad larga o intermedia no siempre fue domininante en la de los híbridos. Así mismo, la longevidad de -- la semilla de los progenitores femeninos no siempre fue domininante en la de los híbridos, los cuales muy pocas veces mostraron una longevidad mayor que la de sus dos progenitores. La longevidad de la semilla de los híbridos directos con respecto a sus recíprocos fue generalmente diferente, siendo -- atribuido a interacciones citoplásmico-nucleares entre sus -- líneas progenitoras.

7. LITERATURA CITADA

- Abdul-Baki, A.A. and J.D. Anderson. 1972. Physiological and biochemical deterioration of seeds. In Kozlowski, T. T. (Ed.). Seed Biology 2:283-315. Academic Press. New York.
- Agrawal, P.K.; R.B. Patil; M. Dadlani and D. Singh. 1981. Effect of relative humidity and temperature on germination of seeds of two F₁ sorghum hybrids and their parents during storage. J. Seed Tech. 6:31-37. United States of America.
- Chang, S.S.H. 1970. Physiological study of differences in quality and longevity among seed of two inbred lines of corn and the hybrid. Thesis (M.S). Mississippi State University, State College, Mississippi. 80 p.
- Delouche, J.C. 1968. Precepts for seed storage. Proc. Miss. Short Course for Seedsmen. 1968:85-119. United States of America.
- Gill, N.S. and J.C. Delouche. 1973. Deterioration of seed - corn during storage. Proc. Assoc. Off. Seed. Anal. 63:33-50. United States of America.
- Haber, E.S. 1950. Longevity of the seed of sweet corn inbreds and hybrids. Amer. Soc. Hort. Sci. 55:410-412. United States of America.
- Haferkamp, M.E.; L. Smith and R.A. Nilan. 1953. Studies on aged seeds. I. Relation of age of seeds to germination and longevity. Agron. J. 45:434-437. United States of America.
- Hall, C.W. 1957. Drying farm crops. Agricultural Consulting Associates, Inc. Reynoldsburg, Ohio. pp. 33-34.
- Harrington, J.F. 1959. Drying, storing and packaging seeds - to maintain germination and vigor. Proc. Short Course Seedsmen, State College Mississippi. pp. 89-107. United States of America.
- _____ . 1972. Seed storage and longevity. In Kozlowski, T.T. (Ed.). Seed Biology. 3:145-240. Academic Press, New York.

- Harrington, J.F. 1973. Biochemical basis of seed longevity. *Seed Sci. Tech.* 1:453-461. The Netherlands.
- Helmer, J.D.; J.C. Delouche and M. Lienhard. 1962. Some indices of vigor and deterioration in seed of crimson clover. *Proc. Assoc. Off. Seed Anal.* 55:92-96. United States of America.
- International Seed Testing Association (ISTA). 1985. International rules for seed testing. *Seed Sci. Tech* 13: 322-326. The Netherlands.
- Lindstrom, E.W. 1942. Inheritance of seed longevity in maize inbreds and hybrids. *Genet.* 27:154. United States - of America.
- _____. 1943. Genetic relations of inbred lines of - corn. *Ann. Rep. Iowa Corn Res. Inst.* 8:41-43. United States of America.
- Martínez G., A. 1983. Diseños y análisis de experimentos de cruzas dialélicas. CEC. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México. 252 p.
- Mc Daniel, R.G. 1973. Genetic factors influencing seed vi-- gor. *Seed Sci. Tech.* 1:25-50. The Netherlands.
- Miles, S.R. 1963. Handbook of tolerances. *Proc. Int. Seed Test. Assoc.* 28:256-668. The Netherlands.
- Moreno M., E.; R. Morones R. y R. Gutiérrez L. 1978. Dife-- rencias entre líneas, cruzas simples y dobles de - - maíz en su susceptibilidad al daño por condiciones - - adversas de almacenamiento. *Turrialba* 28:233-237.
- Neal, N.P. and J.R. Davis. 1956. Seed viability on corn - inbred lines as influenced by age and conditions of storage. *Agron. J.* 48:383-384. United States of America.
- Rao, A.P. and A.A. Fleming. 1978. Cytoplasmic-genotypic ef-- fects in the GT-112 maize inbreds with four cyto- - plasms. *Crop Sci.* 18:935-937. United States of America.
- _____. 1979. Cytoplasmic-genotypic in-- fluences on seed viability in a maize inbred. *Can. J. Plant Sci.* 59:242-252. Canada.
- Selvaraj, S. and K.R. Ramaswamy. 1983. Parental influence - on seed storability in sorghum hybrids. Abstract. Precongress Scientific Meeting on Genetics and Impro vement of Heterotic Systems. Dep. Seed Tech., School of Genetics, Tamil Nadu Agricultural University. Coimbatore, India.

Weiss, M.G. and J.B. Wentz. 1936. Effect of luteus genes on longevity of seed in maize. J. Amer. Soc. Agron. 29: 63-75. United States of America.

U.A.A.A.N.